

機関番号：82706
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2008 ～ 2010
 課題番号：20740263
 研究課題名(和文) 人工電流源を用いた分岐断層に沿った流体分布の解明
 研究課題名(英文) Fluid distribution around the spray fault using the controlled source EM survey technique.
 研究代表者
 笠谷 貴史 (KASAYA TAKAFUMI)
 独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・技術研究副主任
 研究者番号：90373456

研究成果の概要(和文)：

巨大地震発生帯における分岐断層に沿った流体分布の解明のために、流体分布に敏感な電気・電磁法による比抵抗構造による研究を行った。浅部構造を得るには人工電流源を用いた探査が重要であるため、既存の回路部を改良し、より高度な計測・信号制御が可能なものに一新した。2009年に熊野灘にて試験観測を実施し、この電気探査装置からの電磁信号をOBEM(海底電位磁力計)で受信することができた。一方で、解析手法の検討も行い、プレート境界と一致するシャープな比抵抗境界の存在を検出した。

研究成果の概要(英文)：

To investigate the detailed fluid distribution, I renewed our existing deep-towed DC resistivity meter system to improve its performance. The first test observation was conducted in 2009, and an OBEM could obtain the EM signal from this renewed system. On the other hand, new inversion technique with sharp boundary has been improved. As the result, a sharp plate boundary around the plate boundary could be detected using EM data.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000円	540,000円	2,340,000円
2009年度	1,200,000円	360,000円	1,560,000円
2010年度	400,000円	120,000円	520,000円
年度			
年度			
総計	3,400,000円	1,020,000円	4,420,000円

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：観測手法、沈み込み帯、比抵抗構造

1. 研究開始当初の背景

電磁場変動をもちいる電磁探査法は、反射法や屈折法などの地震波探査とは別のパラメータである比抵抗を通して地下を可視化する技術である。特に、電気の流れやすさをパラメータとしているため、流体の存在に対して敏感な探査法と言える。熊野灘・紀伊半島では、自然の電磁場信号を用いた沈み込み

に伴う流体分布の推定がなされており(木村他.,2005; Kasaya et al.,2005)、トラフ軸から分岐断層にかけての低比抵抗構造が検出されるなど、沈み込みに伴う脱水過程との関係が示唆された。しかしながら、自然信号を用いた観測では、良導体である海水の存在によって浅部構造を把握するための高周波数成分が減衰してしまうため、浅部構造の分解能

をあげるのが非常に困難である。この問題を解決するには、人工電流源による探査法に頼らざるを得ない。

人工電流源探査には多くの手法があるが、インラインで信号の送受信をするものと、信号源と測定装置が離れているものに分けられる。前者は陸上の電気探査を海底で実施するイメージである。すでに、開発した曳航式探査装置を用いた試験観測を実施し、佐渡沖メタンハイドレード地域において、メタンハイドレードの検出に成功している(笠谷ほか, 2006)。後者の手法では、電流源の配置により異なる手法が存在するが、水平ダイポールからの信号を OBEM など受信する方式(CSEM)が探査深度的に有利である。Weitemeyer et al.,(2006)は、曳航式信号電流源と OBEM との組み合わせによりガスハイドレード地域での観測に成功している。この手法の場合、測線方向の解像度を上げるためには OBEM の数が重要となる。

そこで我々は、既に成功している電気探査装置による浅部探査、この電気探査装置を信号源にする CSEM 法、および自然信号の MT 法、全てのデータを組み合わせた構造解析により、分岐断層近傍での流体分布を高解像度で取得することを試みる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、沈み込み帯の分岐断層周辺などのより詳細な比抵抗構造を得ることで、流体分布の理解をすすめることにある。自然信号による電磁探査の結果と、新しい人工電流源を用いた探査法を組み合わせる。まず、それに必要な以下に示す観測手法を確立することにある。

(1) 曳航式人工電流送信手法の確立

(2) 曳航式人工電流源装置による電気探査とコントロールソース EM 法により高精度な比抵抗構造を明らかにする観測手法の確立

これらによって得られたデータと既取得のデータを元に、分岐断層付近の流体分布を明らかにするための構造解析を目指す。

3. 研究の方法

(1) 電気探査装置について、既存装置の改良点に関する要素設定を行い、必要な電子回路製作・機器改良を実施する。

(2) 電流源装置を運用できる研究船を、研究船公募に応募して取得すると共に、熊野灘において観測機器を展開し、調査航海を実施する。

(3) 取得データと既存データとあわせて構造解析の精度を高めるための、解析手法について検討する。

4. 研究成果

本研究での成果は、大きく分けて下記に集約される。

- (1) 電気探査装置の改良
- (2) 改良型電流源装置を用いた実海域観測
- (3) インバージョン手法の改良によるシャープな断層境界抽出技術の開発

以下、それぞれの研究成果について述べる。

(1) 曳航式電気探査装置の改良

笠谷ほか(2006)および Goto et al., (2008)で開発された曳航式電気探査装置では、データロガーに市販品を流用したために、高速サンプリングが不可能で受信が1チャンネルに制限されること、送信信号の制御が出来ないために、一つのパターンの信号送信しかできない、という探査上の制限があった。そこで、このロガーおよび信号制御部を一から開発することで、①高速サンプリングの実現 ②受信チャンネルの多チャンネル化 ③送信信号の制御 を実現した。

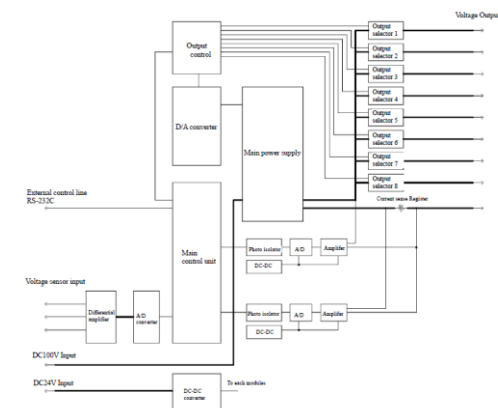


図 1 改良した電気探査装置の回路図

図1は改良した電気探査装置の回路図である。送信チャンネルは耐圧容器と大電流用のペネトレーター及び水中ケーブルの制限のため、従来と同様の7chとなっているが、送信信号の周期・種類・送信チャンネルの数などを、船上からの指令に基づき制御することが出来るようになった。オリジナルの回路は市販ロガーを用いていたが、ロガー側の制限により船上から柔軟に全ての制御をすることが出来なかった。

今回の改良により、船上からの電気探査装置の制御は、図2に示すようなWindows上で動作するソフトウェアを開発することで、シリアル通信による送信信号制御、受信側のゲイン調整なども行うことが出来る仕様とした。

オリジナルの装置の受信チャンネルは1チャンネルでサンプリング周波数も2Hzであっ

たが、本研究の当初目標通りの4チャンネルへと同時データ取得数を増やしデータのサンプリング周波数も2Hzから10Hzと大幅に向上させた。A/D変換も24bit A/Dを搭載して解像度の向上をはかっている。これらの改良により、空間分解能の向上をはかることができるようになった。

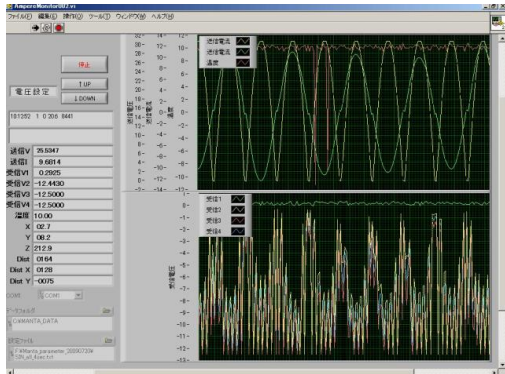


図 2 制御ソフトウェアの画面例

(2) 改良型電流源装置を用いた実海域観測

海洋研究開発機構の船舶利用公募に応募し、10日間の航海が採択された。航海は2009年7月に実施され、熊野灘での調査行動を行った。今回初めて、電気探査装置を調査船「よこすか」に搭載されている曳航体(以下、YKDT)に取り付け観測を実施した。観測に当たっては、曳航体より電源の供給を受けると共に、先に述べたソフトウェアを用いることで、船上との通信を確立し、リアルタイムでのデータ確認と信号装置の制御をすることに成功した。

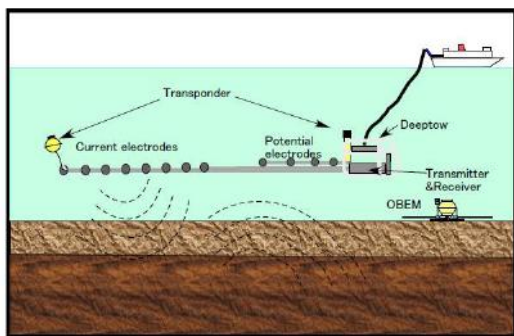


図 3 電気探査装置の観測概念図

図3は、今回の観測で用いられた電気探査装置の観測概念図である。送信した信号を4つの受信チャンネルで同時取得することで、探査装置の空間分解能の向上を図ることが出来る。熊野灘は黒潮による潮流が激しいところであり、このような170mもある長い曳航ケーブルを安全に投入・回収し、2000mを超える深海で、1ノット程度の速度で曳航する技術確立も大きな課題であった。航海で

は、ケーブルの投入や曳航については船側スタッフの協力もあり大きな問題もなく実施できたが、曳航体オンデッキ後のケーブルの揚収の際に、速い潮の影響でケーブル尾部が引きずられ、送信ケーブルが損傷することがあった。これはテンションメンバーとして使用しているロープが伸びてしまうことが原因と考えられ、ベクトランロープを使用するなど、曳航ケーブルの仕組みを再検討する課題が生じた。今回は、これまでで最も大水深かつ強い潮流下での曳航となったが、下図のように非常に安定した曳航を行うことが出来た。

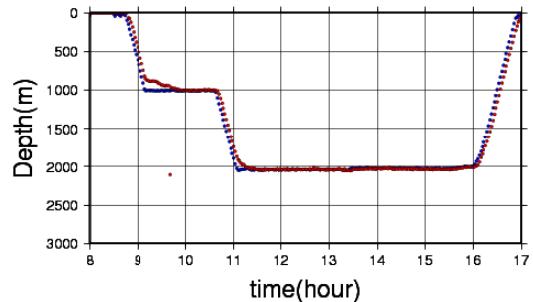


図 4 青が曳航体、赤がケーブル尾部に取り付けられたSSBLトランスポンダで得られた深度記録。

今回の観測では、熊野灘に設置した海底電位磁力計(Kasaya and Goto, 2009を参照)へ向けての電流送信も行い、海底電位磁力計での信号受信に成功した。図5は磁力計のY成分(赤)とZ成分(青)の記録を示しているが、海底電位磁力計と電流送信ダイポールとの位置関係により、各成分に現れる受信信号の振幅が異なることが分かる。

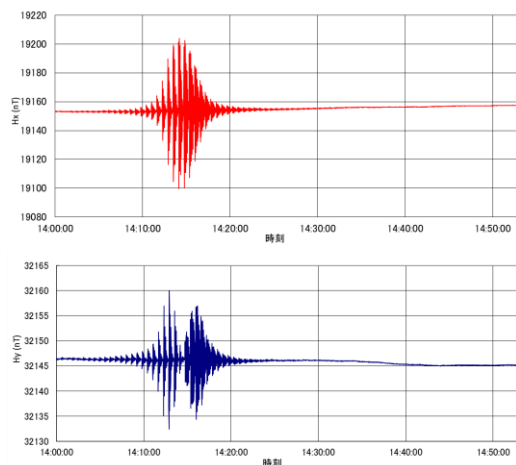


図 5 OBEM で観測された人工電流装置からの信号。上図(赤)が Hy 成分、下図(青)が Hz 成分の生データを示す。

一方、電気探査装置の受信部で得られたデータは、高調波ノイズが冗長しており、使用するのが難しい状況であった。船上で考え得る様々な対策を講じたが調査期間中に十分なデータを得ることが出来なかった。下船後に回路部の検討を行ったところ、回路のアイソレーションと接地の仕方に問題があることが判明した。現在、回路の修正を終え、小型船での海域試験によって受信部の性能確認を行っている所である。

(3) 解析手法の改良

従来のインバージョン手法は、比抵抗値がなめらかに変化する制約を与えることで、計算の安定化をはかっているために、シャープな比抵抗境界を表現することが難しかった。分岐断層などの境界で比抵抗構造がどのように変化しているのかを明らかにするために、シャープな比抵抗境界を扱うことの出来るインバージョン手法の検討を行った。Uchida (1993)の手法を拡張し、シャープな比抵抗境界の必要性の有無を判定させるルーチンを付加し、熊野灘における電磁データに適応を行った。

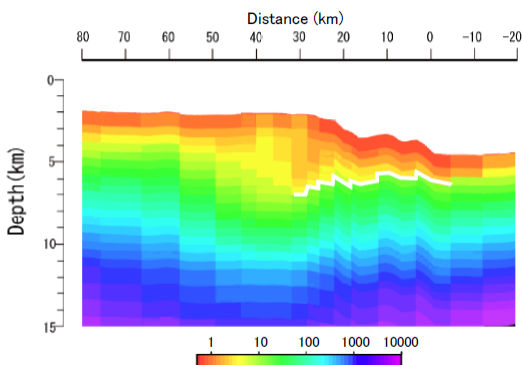


図 6 改良コードで推定された熊野灘における比抵抗構造。図中の白線がシャープな構造境界で、プレート境界と一致する。

図 6 は今回の改良コードを用いて得られた最新の比抵抗構造である。図中の白線はプレート境界を示しており、この境界の有無の判定を含む計算を行ったところ、従来はなめらかに変化していたプレート境界が、より明瞭な比抵抗境界として表現された。また、分岐断層付近の比抵抗値がより低く推定された。このことは、分岐断層付近において多くの流体が含まれていることを示唆している。また、分岐断層自体はシャープな境界である必要がないことも計算から分かっているため、分岐断層を含む全体に流体が広く分布していることも示唆される。今後、人工電流探査を多くの点で実施し、この計算手法で統合解析をすることで、より浅部を高精度で流体分布推定ができる可能性がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- ① T. Kasaya, Improvement of the Electro-Magnetic survey instrument of JAMSTEC, Underwater technology 2011, CD-ROM, Tokyo, 2011. (Abstract 査読有り)
- ② 木村・後藤・笠谷ほか, 境界面を組み込んだ MT法の2次元インバージョン, 物理探査, 63, 185-196, 2010 (査読有り)
- ③ T. Kasaya and T. Goto, A small ocean bottom electromagnetometer and ocean bottom electrorometer system with an arm-folding mechanism, Exploration Geophysics, 40, 41-48, 2009. (査読有り)
- ④ 後藤・桜井・高木・笠谷, 海底電磁探査の近年の進歩とメタンハイドレード, 地学雑誌, 118, 935-954, 2009. (査読有り)
- ⑤ Goto, T., T. Kasaya, H. Machiyama, R. Takagi, R. Matsumoto, Y. Okuda, M. Satoh, T. Watanabe, N. Seama, H. Mikada, Y. Sanada, and M. Kinoshita, A marine deep-towed DC resistivity survey in a methane hydrate area, Japan sea., Exploration Geophysics, vol. 39, 52-59, 2008. (査読有り)

[産業財産権]

○取得状況 (計 1 件)

名称: 回収型観測機器

発明者: 笠谷貴史・後藤忠徳・金沢敏彦・岡部圭二

権利者: 独立行政法人海洋研究開発機構

番号: 特許番号 4346605 号

取得年月日: 平成 21 年 7 月 24 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

笠谷 貴史 (KASAYA TAKAFUMI)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・技術研究副主任

研究者番号: 90373456